

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 3 年 1 月 2 3 日
Date of Application:

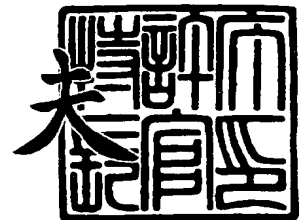
出 願 番 号 特 願 2 0 0 3 - 0 1 4 4 7 7
Application Number:
[ST. 10/C] : [J P 2 0 0 3 - 0 1 4 4 7 7]

出 願 人 富士写真フイルム株式会社
Applicant(s):

2 0 0 3 年 9 月 1 6 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今 井 康 夫



【書類名】 特許願

【整理番号】 FSP-04179

【提出日】 平成15年 1月23日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G02B 6/00 331
H04N 1/195

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県足柄上郡開成町宮台 7 9 8 番地 富士写真フイルム株式会社内

【氏名】 大森 利彦

【特許出願人】

【識別番号】 000005201

【氏名又は名称】 富士写真フイルム株式会社

【代理人】

【識別番号】 100079049

【弁理士】

【氏名又は名称】 中島 淳

【電話番号】 03-3357-5171

【選任した代理人】

【識別番号】 100084995

【弁理士】

【氏名又は名称】 加藤 和詳

【電話番号】 03-3357-5171

【選任した代理人】

【識別番号】 100085279

【弁理士】

【氏名又は名称】 西元 勝一

【電話番号】 03-3357-5171

【選任した代理人】

【識別番号】 100099025

【弁理士】

【氏名又は名称】 福田 浩志

【電話番号】 03-3357-5171

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 006839

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9800120

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 露光装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 光源と、前記光源から光が供給されるオプティカルインテグレータと、前記オプティカルインテグレータを経由した光で照明される 2 次元空間変調素子と、を有する露光装置であって、

前記光源は、光ファイバを並べて配列し、前記光ファイバから光を出射する光ファイババンドルからなる光源であり、

出射側から見た前記光ファイババンドルの端部で形成される出射エリアの形状と、前記オプティカルインテグレータの射出面の輪郭形状と、を略相似形にしたことを特徴とする露光装置。

【請求項 2】 前記オプティカルインテグレータがフライアイタイプ又はロッドタイプであることを特徴とする請求項 1 に記載の露光装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、露光装置に関し、更に詳細には、照明効率を向上させると共に均一に露光できる露光装置に関する。

【0002】

【従来の技術】

LCD（液晶素子）やDMD（デジタル・マイクロミラー・デバイス）等の 2 次元空間光変調素子（以下 2 次元SLMという）を光源からの光で照明し、この照明光学系を有し 2 次元SLMで制御された光像を感材に露光する露光装置が知られている。このような露光装置では、2 次元SLMを均一に照明する必要がある、照明光学系にはオプティカルインテグレータが用いられ、露光装置以外にもプロジェクターで一般的に使用されている（例えば、特許文献 1 参照）。

【0003】

オプティカルインテグレータとは、光束を分割し、異なる経路を通した後再合成することにより、強度と位置の相関関係（強度分布）を解消して均一化するも

のであるが、光束の分割方式の違いにより、2つの方式がある。(1)一つは、2次元にレンズを配置したレンズアレイ（フライアイレンズ）を使用して空間的に光束を分割するフライアイタイプであり、(2)もう一つは、ガラスのロッドや内面をミラーにした中空のロッドを使用して、多重反射により角度的に分割するロッドタイプである。

【0004】

フライアイタイプでは、2枚のフライアイレンズを使用し、1枚目のフライアイレンズで2枚目のフライアイレンズの各レンズセルに光を集光するような構成にされている。そして、2枚目のフライアイレンズの各レンズセルには光源像が結ばれ、2枚目のフライアイレンズは、1枚目のフライアイレンズの各レンズセルの像を2次元SLM上に結像するような構成となっている。一方、ロッドタイプの場合では、ロッドの入射面に光源像が結ばれ、ロッドの射出面の像を2次元SLM上に結像するような構成となっている。

【0005】

光源に、超高圧水銀ランプ等のランプを使用する場合、ランプの光射出部形状と2次元SLMの照明エリア形状（すなわち、2次元SLMを照明するエリア形状）が全く異なるが、上記のインテグレータを使用することで、2次元SLMの必要な使用エリアのみ均一に照明することが可能となっている。

【0006】

【特許文献1】

特開平3-111806号公報

【0007】

【発明が解決しようとする課題】

しかし、実際には、ランプのようにエタンドュー（Etendue）が大きくかつ光射出部の形状が、2次元SLMに到達した照明光の照明エリアの形状と異なる場合、ランプから射出された光を全て有効に利用することが困難であり、照明効率が低くなっているのが現状である。

【0008】

具体例を挙げて説明すると、例えば、ランプとフライアイタイプのインテグレ

ータとを使用した場合、1枚目のフライアイレンズにより、2枚目のフライアイレンズの各セルに、ランプのアークの像が結ばれることになる。2次元SLM上の使用エリアが長方形のような場合では、フライアイレンズのレンズセル形状も照明するエリアと相似形の形状として、レンズセルの像が結像されるような構成とし、ランプのアーク像が2枚目のフライアイレンズのレンズサイズ以下となるように設計するが、実際は、光源サイズ（ランプの光射出部サイズすなわちアークサイズ）、光の広がり、レンズの収差等により、光源の像の全てがレンズセルに入射することが困難であり、このため、光学性能が劣化し、照明効率の低下や照明均一度が悪くなるなどの問題が発生する。

【0009】

本発明は、上記事実を考慮して、高い照明効率を得られると共に均一に露光することができる露光装置を提供することを課題とする。

【0010】

【課題を解決するための手段】

本発明者は、フライアイレンズのレンズセル形状（ロッドの射出部形状）と略相似形、すなわちオプティカルインテグレータの射出面の輪郭形状と略相似形となるような光射出部を持つ光源とすれば、光射出部から出た光の大部分を照明エリアに導くことが可能になり、照明効率及び照明均一度の向上が期待されることに着目した。そして、光ファイバの端部をバンドルとして束ねた光射出部は、通常、図10に示すように六角形状（略円形）であるが、この形状は任意の形状にすることができることに気付き、更に検討を重ね、本発明を完成するに至った。

【0011】

請求項1に記載の発明は、光源と、前記光源から光が供給されるオプティカルインテグレータと、前記オプティカルインテグレータを経由した光で照明される2次元空間変調素子と、を有する露光装置であって、前記光源は、光ファイバを並べて配列し、前記光ファイバから光を出射する光ファイババンドルからなる光源であり、出射側から見た前記光ファイババンドルの端部で形成される出射エリアの形状と、前記オプティカルインテグレータの射出面の輪郭形状と、を略相似形にしたことを特徴とする。

【0012】

本明細書で光ファイババンドルとは、多数本の光ファイバの端部を1束に束ねた端部をいう。光ファイババンドルは任意の形状にされ得る。

【0013】

光ファイババンドルの入射側に光を供給するには、ランプを用いてもよいし、LD（半導体レーザ）を用いてもよく、特に限定はしない。LDを用いる場合、光ファイバの入射側にLDを結合する。また、1本の光ファイバに複数個のLDを結合してもよく、これにより、エタンデュー（Etendue）を小さくしたまま光のパワーを増大させることができる。更に、複数のエミッタをアレイ状に配列したブロードエリアタイプの半導体レーザを用いてもよい。

【0014】

請求項1に記載の発明により、光ファイババンドル端部から出射した光の大部分を、2次元空間変調素子に到達した照明光の照明エリアに導くことができるので、高い照明効率が得られると共に均一に露光することができる。

【0015】

前記オプティカルインテグレータは、フライアイタイプ又はロッドタイプであることが多い。

【0016】

なお、光ファイバの本数が増えると、光ファイババンドル端部のサイズが大きくなる、すなわち、光源側のエタンデューが大きくなる。この光源側のエタンデューが2次元光変調素子側のエタンデューに比べて大きくなると、照明効率が低下する。このため、光ファイバの本数が多い場合、光ファイバのコア径やクラッド径を小さくすることにより、照明効率の低下を防止することができる。

【0017】

前記2次元空間変調素子としてDMDを使用する場合、DMDの各ミラー面の光軸に対して所定の角度で光を斜めに入射し、かつ、各ミラーが傾く方向から入射させるので（すなわち、各ミラー面の所定の対角方向から入射させるので）、出射側から見た光ファイババンドル端部の形状が例えば長方形であっても、各DMDの面上では、長方形を変形させた形状になる。しかし、変形量が小さいので

略長方形と考えるても良い。従って、2次元空間変調素子としてDMDを使用する場合でも、出射側から見た光ファイババンドル端部の形状と、オプティカルインテグレータの射出面の輪郭形状と、を略相似形にすれば良い。

【0018】

DMDは、LCD（液晶素子）のようにUV光で劣化することがないので、これにより、UV光に対して感度を有する感光材料を高い照明効率で露光することができる。

【0019】

【発明の実施の形態】

以下、実施形態を挙げ、本発明の実施の形態について説明する。本発明の一実施形態に係る露光装置142は、図1に示すように、シート状の感光材料150を表面に吸着して保持する平板状のステージ152を備えている。4本の脚部154に支持された肉厚板状の設置台156の上面には、ステージ移動方向に沿って延びた2本のガイド158が設置されている。ステージ152は、その長手方向がステージ移動方向を向くように配置されると共に、ガイド158によって往復移動可能に支持されている。なお、この露光装置142には、ステージ152をガイド158に沿って駆動するための図示しない駆動装置が設けられている。

【0020】

設置台156の中央部には、ステージ152の移動経路を跨ぐようにコ字状のゲート160が設けられている。ゲート160の端部の各々は、設置台156の両側面に固定されている。このゲート160を挟んで一方の側にはスキャナ162が設けられ、他方の側には感光材料150の先端及び後端を検知する複数（例えば、2個）の検知センサ164が設けられている。スキャナ162及び検知センサ164はゲート160に各々取り付けられて、ステージ152の移動経路の上方に固定配置されている。なお、スキャナ162及び検知センサ164は、これらを制御する図示しないコントローラに接続されている。

【0021】

スキャナ162は、図2及び図3（B）に示すように、m行n列（例えば、3行5列）の略マトリックス状に配列された複数（例えば、14個）の露光ヘッド

166を備えている。この例では、感光材料150の幅との関係で、3行目には4個の露光ヘッド166を配置した。なお、m行目のn列目に配列された個々の露光ヘッドを示す場合は、露光ヘッド166_{mn}と表記する。各露光ヘッドの構成は同じである。

【0022】

露光ヘッド166による露光エリア168は、副走査方向Vを短辺とする矩形状である。従って、ステージ152の移動に伴い、感光材料150には露光ヘッド166毎に帯状の露光済み領域170が形成される。なお、m行目のn列目に配列された個々の露光ヘッドによる露光エリアを示す場合は、露光エリア168_{mn}と表記する。

【0023】

また、図3(A)及び(B)に示すように、帯状の露光済み領域170が副走査方向と直交する方向に隙間無く並ぶように、ライン状に配列された各行の露光ヘッドの各々は、配列方向に所定間隔(露光エリアの長辺の自然数倍、本実施形態では2倍)ずらして配置されている。このため、1行目の露光エリア168₁₁と露光エリア168₁₂との間の露光できない部分は、2行目の露光エリア168₂₁と3行目の露光エリア168₃₁とにより露光することができる。

【0024】

[露光ヘッドの構成]

露光ヘッド166₁₁~166_{mn}の構成は、何れも同じなので、以下、一の露光ヘッドについてその構成を説明する。

【0025】

露光ヘッド166は、図4に示すように、出射側端部が束ねられて光ファイババンドル端部174Eとされた多数本の光ファイバ174と、多数本の光ファイバ174とLDを結合させた光源と、を光源として備えている。

【0026】

また、露光ヘッド166は、光ファイババンドル端部174Eから出射された光が入射する照明光学系としてオプティカルインテグレータ176を備えている。オプティカルインテグレータ176は、光ファイババンドル端部174Eから

の光を集光するコリメータレンズ178と、コリメータレンズ178を透過した収束光が順次透過する2枚のフライアイレンズ180A、180B、及び、フィールドレンズ182を備えている。

【0027】

更に、露光ヘッド166には、フィールドレンズ182を透過した光を変調する2次元SLM（2次元空間変調素子）186が設けられている。

【0028】

図5に示すように、2次元SLM186に照明すべき意図した照明設定エリア190は長形状にされている。また、図6に示すように、光ファイババンドル端部174Eは、出射側から見て、照明設定エリア190と略相似形の出射エリア192を形成している。これにより、光ファイババンドル端部174Eからの光を照明光として無駄なく利用でき、高い照明効率が得られる。

【0029】

なお、フライアイレンズタイプでなく、図7に示すように、ガラスからなるロッド194を用いたロッドタイプの露光ヘッドを有する露光装置であってもよい。これにより、装置構成を簡素にすることができる。

【0030】

[照明光学系の特性、配置位置]

照明光学系の簡略図の一例を図4に示す。フライアイレンズ180Aは、レンズセルサイズS1、レンズセル数N1、縦方向長さA1、焦点距離ML1F、とされており、集光サイズはZ1（ $=2 \times ML1F \times NA1$ ）である。フライアイレンズ180Bは、レンズサイズS2（ $=S1$ ）、レンズセル数N2（ $=N1$ ）、及び、縦方向長さA2（ $=A1$ ）が何れもフライアイレンズ180Aと同じであり、焦点距離ML2Fとされている。フィールドレンズ182は、縦方向長さFLDがA2とほぼ同じである。また、フィールドレンズ182の焦点距離FLFが、フライアイレンズ180Bと2次元SLM186との距離L4とほぼ同じになるように2次元SLM186が配置されている。

【0031】

光ファイババンドル端部174Eとコリメータレンズ178との距離L1、及

び、コリメータレンズ 178 とフライアイレンズ 180A との距離 L_2 は、何れも、コリメータレンズ 178 の焦点距離 CL_2F と同じにされている。フライアイレンズ 180A とフライアイレンズ 180B との距離 L_3 は、フライアイレンズ 180A の焦点距離 ML_1F と同じにされている。

【0032】

ここで、光ファイババンドル端部 174E のある一方向長さを A_0 、光ファイババンドル端部 174E からの光の放散角度を NA_0 、フライアイレンズ 180A への集光角度を NA_1 、とすると、照明系の基本式は以下の式で与えられる。

【0033】

$$A_0 \cdot NA_0 = A_1 \cdot NA_1$$

$$(\text{すなわち、} A_0 \cdot NA_0 = N_1 \cdot S_1 \cdot NA_1)$$

【0034】

また、結像特性は以下の式で与えられる。

$$1/L_3 + 1/L_4 = 1/ML_2F$$

$$(\text{すなわち、} 1/ML_1F + 1/L_4 = 1/ML_2F)$$

【0035】

倍率特性は以下の式で与えられる。

$$ACS/S_1 = L_4/L_3$$

$$(\text{すなわち、} ACS/S_1 = L_4/ML_1F)$$

【0036】

集光特性は、フライアイレンズ 180A による集光サイズ（直径）を Z_1 とすると、以下の式で与えられる。

$$Z_1 = 2 \cdot ML_1F \cdot NA_1$$

照明 FN_0 は、

$$SFN_0 = FLF/FLD \quad (\doteq L_4/L_2)$$

で与えられる。

【0037】

[Etendue (エタンデュー) の概念]

SLM（空間変調素子）を照明するということは、ある光源の像を SLM に結

像するということである。光学倍率を β とすると、図 8 に示すように、像の面積 S_2 は β^2 に比例し ($S_2 = \beta^2 S_1$)、光線と光軸の成す角 θ は倍率 β に逆比例する ($\theta_2 = \theta_1 / \beta$)。すなわち、

$$S_1 \theta_1^2 = S_2 \theta_2^2$$

となる。ここで、立体角 Ω は θ_2 にほぼ比例するので、

$$\Omega_1 S_1 \doteq \Omega_2 S_2$$

となる。すなわち、光源面積と立体角の積は一定となる。厳密には、理想レンズ (透過率 100%、無収差) 198 による光束の伝達は、

$$\text{光束: } e = \int S \int \Omega \cos \theta \cdot dS \cdot d\Omega$$

で表される。 θ が十分小さい ($F2.5$ 以上) ときには $\cos \theta \doteq 1$ であるので、

$$\text{光束: } e \doteq \Omega_1 S_1 \doteq \Omega_2 S_2$$

とみなせる。この「 ΩS 」がエタンドュー (E t e n d u e) である。理想的な無収差・透過率 100% の光学系を想定すると、エタンドューは保存される (なお、共役な関係でなくても、エタンドューは保存されることが知られている)。

【0038】

つまり、上記図の光源 B を 2 次元 SLM とすれば、光源 A のエタンドューが 2 次元 SLM のエタンドューより小さければ、非常に高い効率で照明することが可能となる。

【0039】

(計算例)

光源側のエタンドューを E_s とする。

①アーク長 4 mm の放電ランプの例

光源を直径 1 mm、長さ 4 mm の円柱とし、側面から等方的に光が放出されるとすると、

$$E_s = \pi \cdot 1 \cdot 4 \cdot 2\pi \doteq 80 \text{ mm}^2 \cdot \text{str}$$

となる (エタンドューが大きい)。

②ファイバ光源の例

バンドル出射部サイズ $0.7 \times 0.7 \text{ mm}$ 、NA 0.2 ($\doteq 11.5 \text{ deg}$) とすると、

$$E_s = 2\pi \cdot (1 - \cos 11.5) \cdot 0.7 \cdot 0.7 \div 0.06 \text{mm}^2 \cdot \text{str}$$

となる（エタンデューが非常に小さい）。

【0040】

[実施例]

以下、2次元SLM186としてDMDを用いた場合を実施例として挙げて説明する。図9に示すように、本実施例では、2次元SLMとしてDMD200が各露光ヘッド166₁₁～166_{mn}に設けられており、DMD200によって、入射された光ビームを画像データに応じて各画素毎に変調されている。

【0041】

図9（A）は、主走査方向Uに対してDMD200を傾斜させない場合の各画素部の実像（ビームスポットBS）の走査軌跡を示し、図9（B）は、主走査方向Uに対してDMD200を傾斜させた場合のビームスポットBSの走査軌跡を示している。DMD200は、その辺方向が主走査方向Uと所定角度 θ （例えば、 $0.1^\circ \sim 1^\circ$ ）を成すように僅かに傾斜させて配置するのが好ましい。

【0042】

DMD200には、長手方向（行方向）に沿って画素部が多数個（例えば、800個）配列された画素列が、短手方向に多数組（例えば、600組）配列されているが、図4（B）に示すように、DMD200を傾斜させることにより、各画素部から出射されたビームスポットBSの走査軌跡（走査線）のピッチ P_2 が、DMD200を傾斜させない場合の走査線のピッチ P_1 より狭くなり、解像度を大幅に向上させることができる。一方、DMD200の傾斜角は微小であるので、DMD200を傾斜させた場合の走査幅 W_2 と、DMD200を傾斜させない場合の走査幅 W_1 とは略同一である。

【0043】

また、異なる画素列により同じ走査線上における略同一の位置（ドット）が重ねて露光（多重露光）されることになる。このように、多重露光されることで、露光位置の微少量をコントロールすることができ、高精細な露光を実現することができる。また、主走査方向Uに沿って配列された複数の露光ヘッド間のつなぎ目を微少量の露光位置制御により段差無くつなぐことができる。しかし、その変

形量は小さい。

【 0 0 4 4 】

以上説明したように、本実施例では、LCD（液晶素子）のようにUV光で劣化することがないDMD 2 0 0 を2次元SLMとして設けている。これにより、UV光に対して感度を有する感光材料を高い照明効率で均一に露光することができる。

【 0 0 4 5 】

以上、実施形態を挙げて本発明の実施の形態を説明したが、上記実施形態は一例であり、要旨を逸脱しない範囲内で種々変更して実施できる。また、本発明の権利範囲が上記実施形態に限定されないことは言うまでもない。

【 0 0 4 6 】

【発明の効果】

本発明は上記構成としたので、高い照明効率が得られると共に均一に露光することができる露光装置が実現される。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明の一実施形態に係る露光装置の外観を示す斜視図である。

【図 2】

本発明の一実施形態に係る露光装置のスキャナの構成を示す斜視図である。

【図 3】

(A) は感光材料に形成される露光済み領域を示す平面図であり、(B) は各露光ヘッドによる露光エリアの配列を示す平面図である。

【図 4】

本発明の一実施形態に係る露光装置の露光ヘッドの構成を示す模式図である。

【図 5】

本発明の一実施形態に係る露光装置で、2次元SLMで照明すべき照明設定エリアを示す平面図である。

【図 6】

本発明の一実施形態に係る露光装置で、光ファイババンドル端部の正面図であ

る。

【図 7】

本発明の一実施形態に係る露光装置の露光ヘッドの変形例を示す模式図である。

【図 8】

エタンデューの原理を説明するための模式図である。

【図 9】

(A) 及び (B) は、それぞれ、DMD を傾斜配置しない場合と傾斜配置した場合とで、DMD に入射されるビームの位置及び DMD から出射した走査線を比較して示す模式図である。

【図 1 0】

従来の光ファイババンドル端部の正面図である。

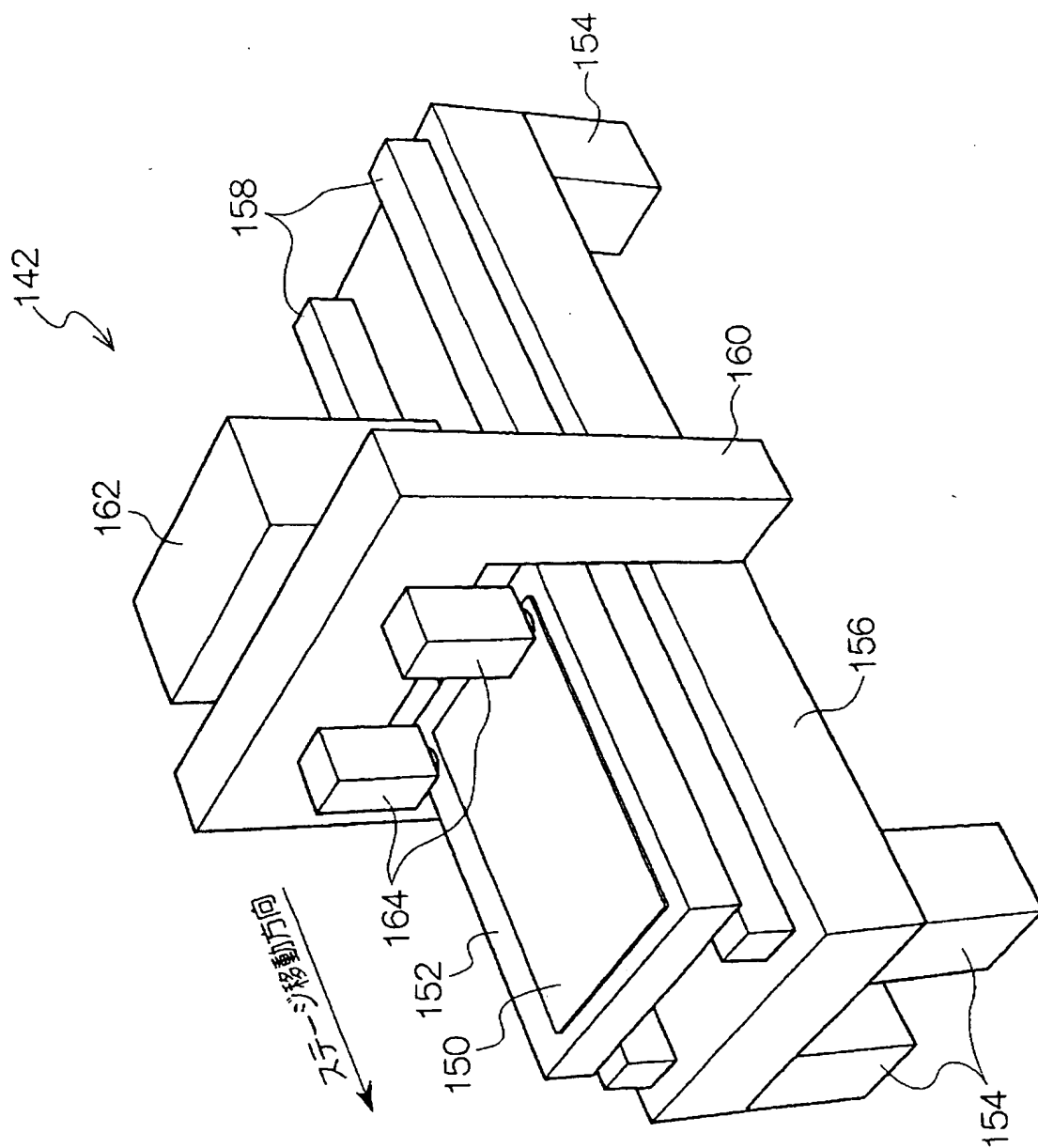
【符号の説明】

- 1 4 2 露光装置
- 1 6 6 露光ヘッド
- 1 7 4 E 光ファイババンドル端部 (端部)
- 1 7 6 オプティカルインテグレータ
- 1 8 6 2 次元 S L M (2 次元空間変調素子)
- 1 9 2 出射エリア
- 2 0 0 DMD

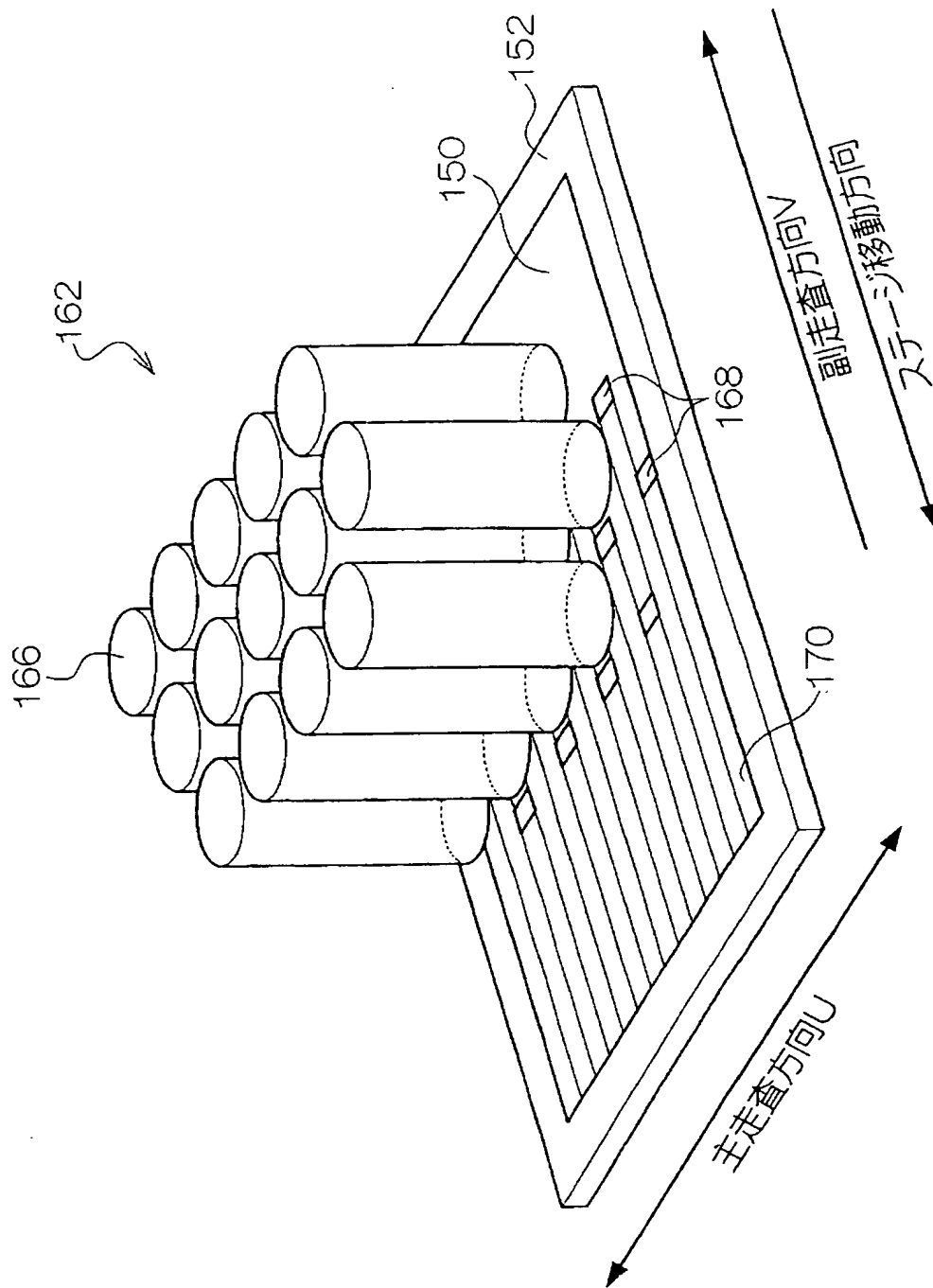
【書類名】

図面

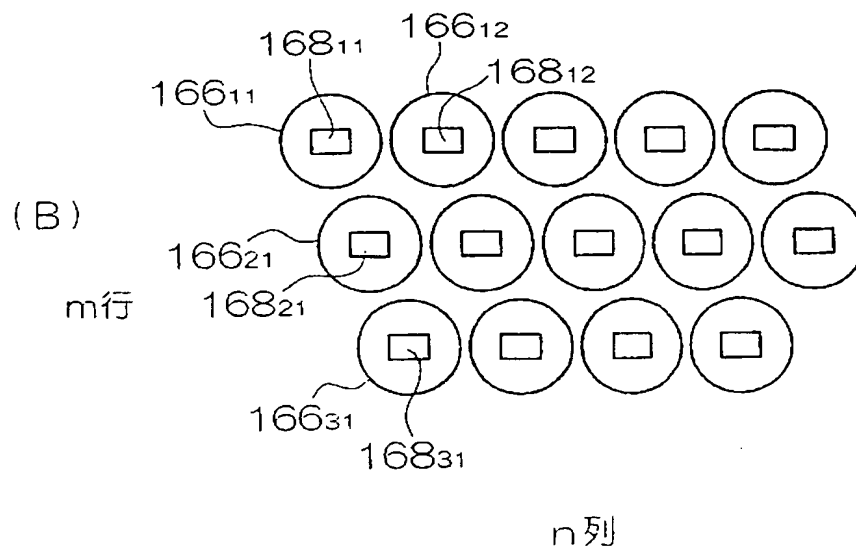
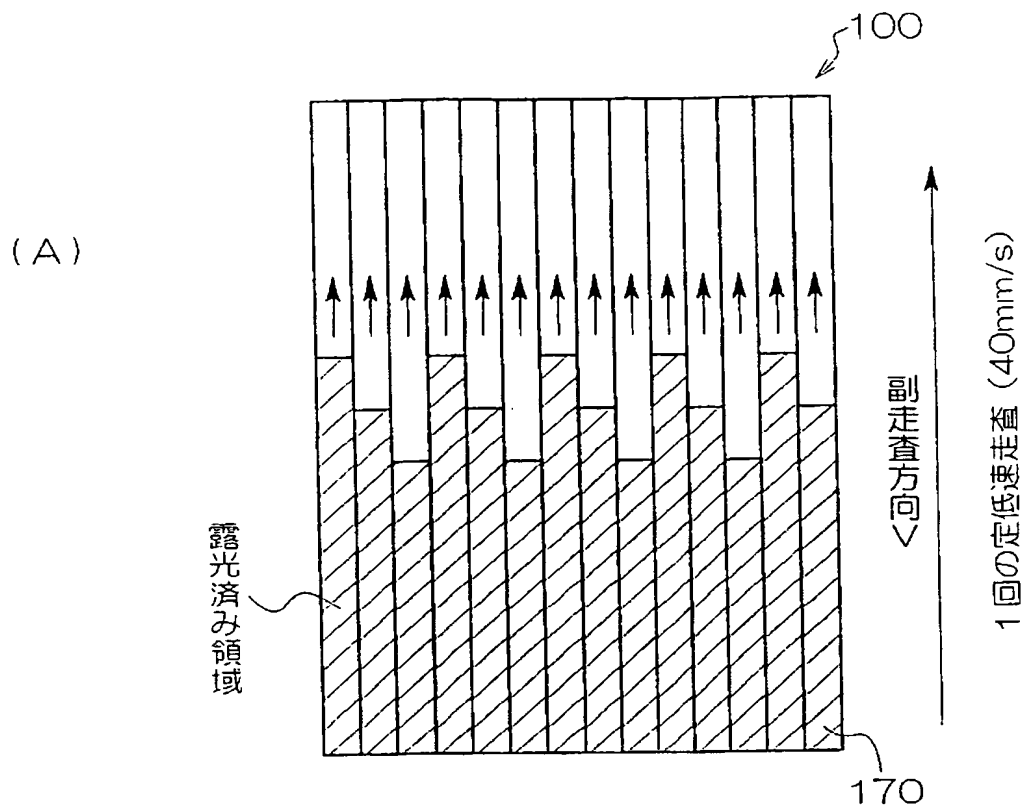
【図 1】



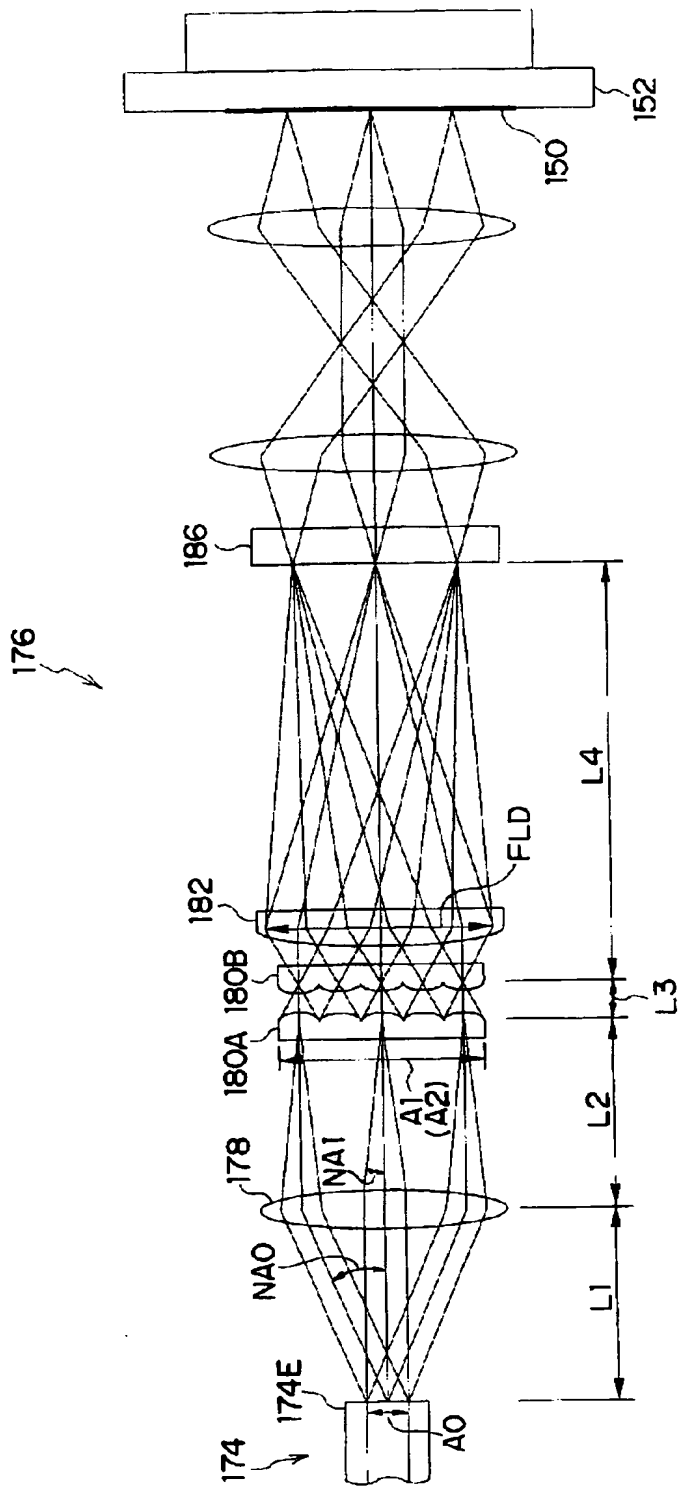
【図 2】



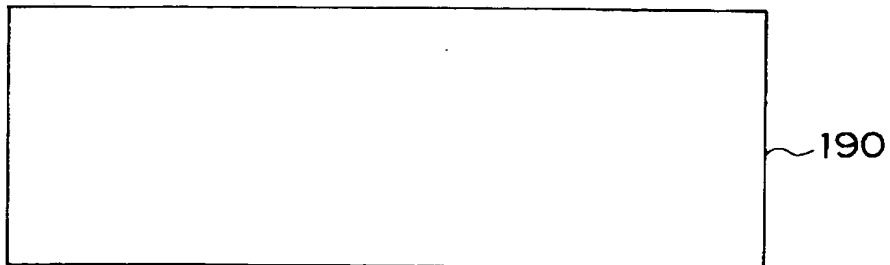
【図 3】



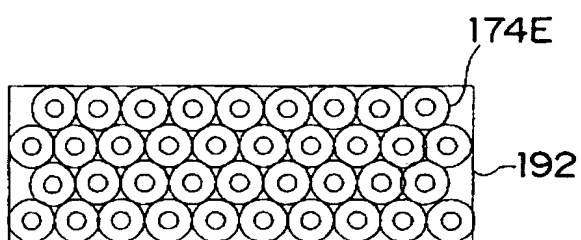
【図 4】



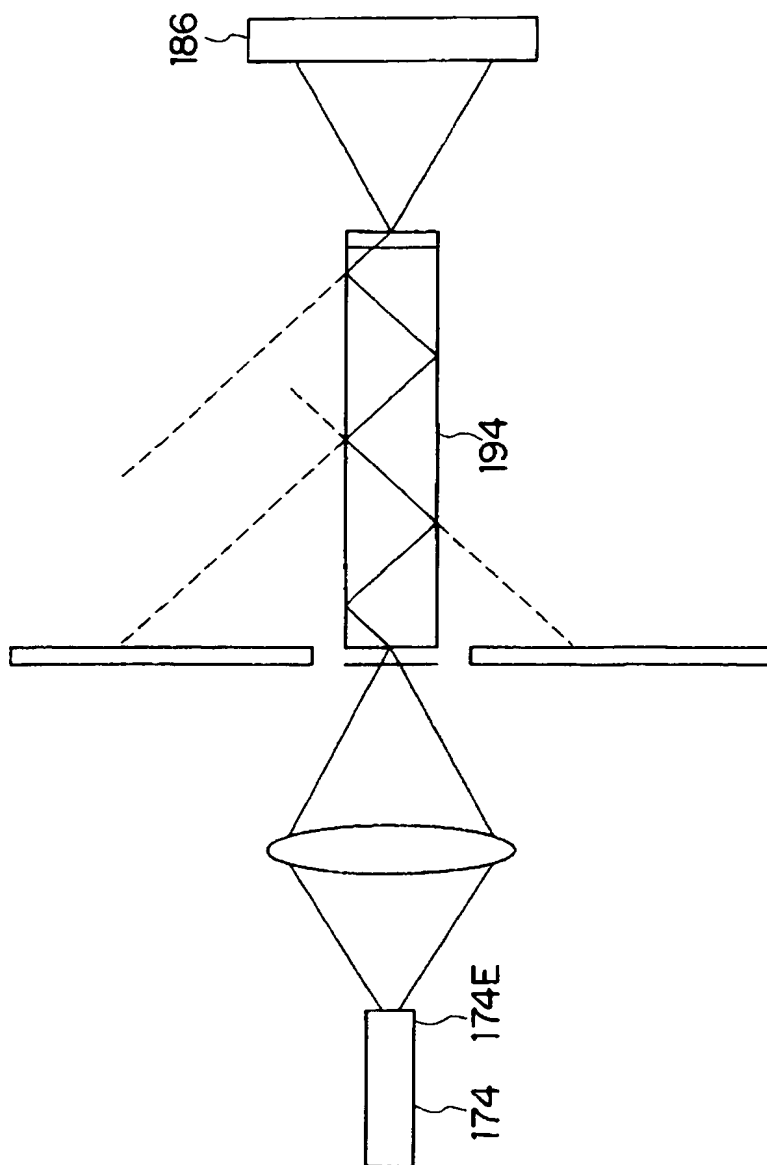
【図 5】



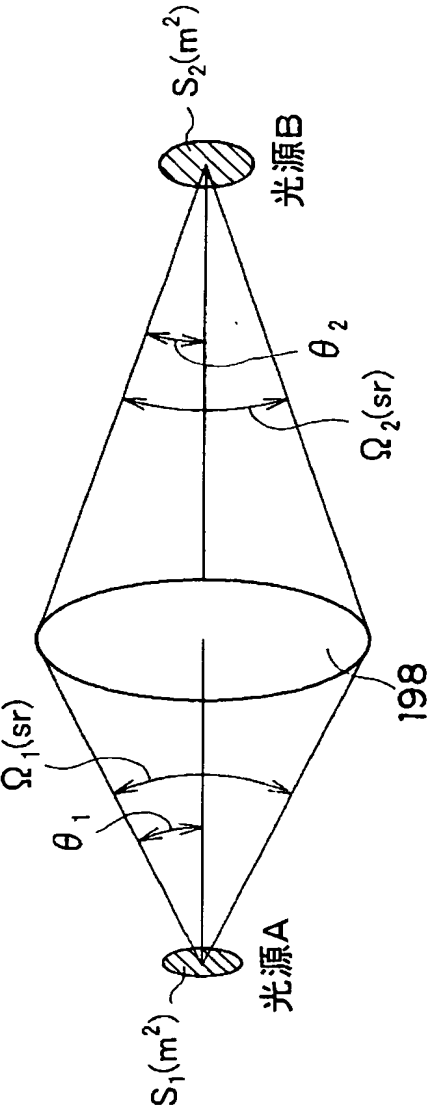
【図 6】



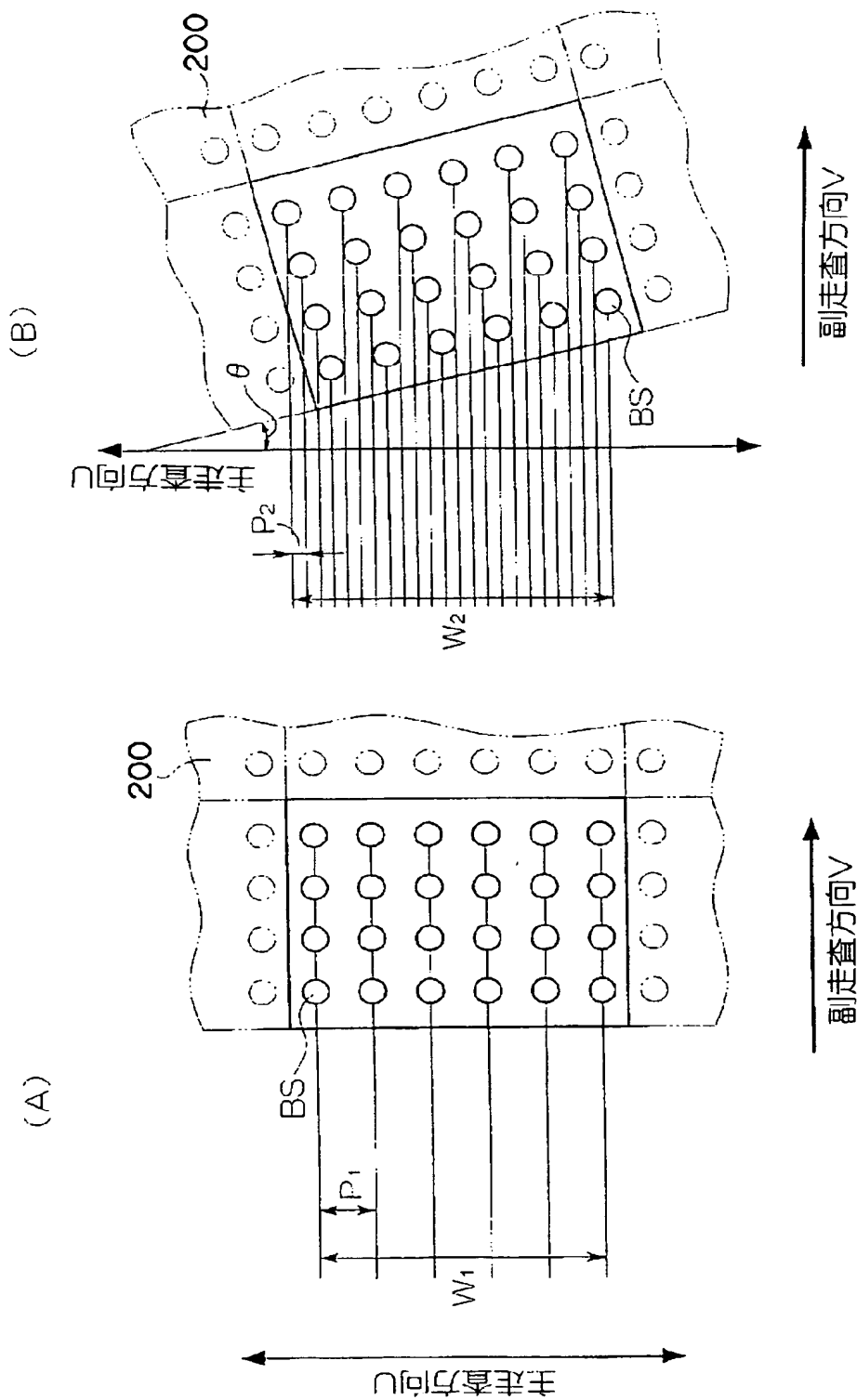
【図 7】



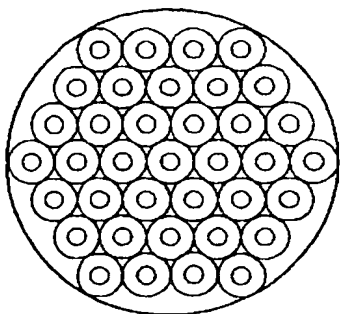
【図 8】



【図9】



【図 1 0】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 高い照明効率が得られると共に均一に露光することができる露光装置を提供することを課題とする。

【解決手段】 光源と、この光源から光が供給されるオプティカルインテグレータと、このオプティカルインテグレータを経由した光で照明される2次元空間変調素子と、を有する露光装置において、オプティカルインテグレータに向けて光を出射する光ファイババンドル端部174Eを光源に設け、出射側から見た光ファイババンドル端部174Eの出射エリア192を、オプティカルインテグレータの出射面の輪郭形状と略相似形とする。これにより、光ファイババンドル端部174Eから出射した光の大部分を照明設定エリアに照射することができるので、高い照明効率が得られると共に均一に露光することができる。

【選択図】 図6

特願 2 0 0 3 - 0 1 4 4 7 7

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[0 0 0 0 0 5 2 0 1]

1. 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 1 4 日

[変更理由]

新規登録

住 所

神奈川県南足柄市中沼 2 1 0 番地

氏 名

富士写真フイルム株式会社